

बिग बैंग

आनन्द नारायणन

बिग बैंग (महा विस्फोट) सिद्धान्त, वर्तमान में आधुनिक ब्रह्माण्डविज्ञान का सबसे महत्त्वपूर्ण विषय है। और फिर भी, आधी सदी पहले, यह संसार के बारे में कुछ भिन्न धारणाओं में से एक भर था, और ये सभी सत्य के प्रतिस्पर्धी दावे प्रस्तुत करते थे। यह लेख खगोलभौतिकी के किनारों से उसके केन्द्र तक पहुँचने की बिग बैंग प्रतिरूप की यात्रा की कुछ पथ-प्रदर्शक घटनाओं को उजागर करता है। यह एक ऐसी यात्रा है जो अभी जारी है और जिसका अन्त अभी बहुत दूर है।

"कौन वाकई में जानता है, कौन बता सकता है?
इस सृष्टि का प्रारम्भ कब हुआ या कहाँ से हुआ?
कब और कहाँ से यह सृष्टि उदित हुई?
शायद इसने स्वयं ही अपनी रचना की होगी, या शायद नहीं।"

- ऋग्वेद (10: 129), 9वीं सदी ईसा पूर्व।

ये शब्द 2000 साल से भी पहले लिखे गए थे। और फिर भी, अगर ये आज के लिखे लगते हैं, तो ऐसा इसलिए है क्योंकि ये एक ऐसी विशेषता को प्रतिध्वनित करते हैं जो स्पष्ट रूप से मानवीय है। यह विशेषता है हमारी प्रजाति की, अपने आस-पास की दुनिया को देखने, और उस पर चकित होकर यह सोचने की क्षमता, कि इस संसार की उत्पत्ति कैसे हुई होगी। आपने भी यही सवाल कितनी बार किए होंगे?

हम यह मानते हैं कि सभी चीज़ों की कोई शुरुआत होती है। क्या यह बात इस विराट और जटिल ब्रह्माण्ड के लिए भी सही हो सकती है? अगर हाँ, तो इसकी उत्पत्ति का क्षण कौन-सा था, और किस घटना ने इसमें उत्प्रेरक की भूमिका निभाई होगी? इसके अलावा, यह सवाल भी है कि अगर हमारे ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति हुई थी तो क्या किसी दिन इसका अन्त भी होगा?

परमाणविक से लेकर अन्तरिक्षीय तक, मनुष्यों ने हमेशा ही अपने आस-पास की चीज़ों की उत्पत्ति के बारे में सोच-विचार किया है। कवियों और दार्शनिकों, धर्मशास्त्रियों और वैज्ञानिकों, सभी ने अपने अनोखे तरीक़ों से ब्रह्माण्ड को समझने की कोशिश की है। लेकिन, पिछले क़रीब 120 सालों में ही विज्ञान ने यह सम्भव किया है कि, हम बहुत लम्बे समय से चले आ रहे सवालों में से कुछ के जवाब पाने के नज़दीक पहुँच सकें।

ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति और विकास का वैज्ञानिक अध्ययन ब्रह्माण्डविज्ञान कहलाता है। बीसवीं सदी के प्रारम्भिक वर्षों से, वैज्ञानिक ब्रह्माण्डविज्ञान के प्रेक्षणात्मक पहलुओं पर व्यापक रूप



चित्र-1 : अमरीका के कैलीफोर्निया राज्य में स्थित माउण्ट विल्सन वेधशाला में रखे 100 इंच के दूरदर्शक के नेत्रक (आईपीस) में से अन्तरिक्ष को देखते ऐडविन हबल। इसी दूरदर्शक का प्रयोग करते हुए हबल ने ब्रह्माण्डविज्ञान के क्षेत्र में अपनी कई बुनियादी खोजें कीं।

से ध्यान दिया जाने लगा था। ऐसा इसलिए हुआ क्योंकि ऐडविन हबल जैसे वैज्ञानिकों द्वारा की गई चौंका देने वाली खोजों की एक छोटी शृंखला ने भौतिक ब्रह्माण्ड को देखने के हमारे नज़रिये को बदल दिया।

हबल के पास ऐसी सुविधा थी जो बीसवीं सदी के प्रारम्भ में इने-गिने खगोलविज्ञानियों के पास थी, और वह थी कैलीफोर्निया की माउण्ट विल्सन वेधशाला का उपयोग करने की सुविधा। इसी वेधशाला में उस समय के सबसे बड़े दूरदर्शक रखे थे, और उनसे उच्च स्तरीय तथ्य सामने आते थे। साथी खगोलविज्ञानी मिल्टन ह्यूमेसन की मदद से, जो माउण्ट विल्सन दूरदर्शक का उपयोग करने में दक्ष थे, हबल ने मिल्की-वे आकाशगंगा के पड़ोस की लगभग दो दर्जन आकाशगंगाओं का प्रेक्षण करना शुरू किया।



चित्र-2 : माउण्ट विल्सन वेधशाला में रखे हुकर दूरदर्शक का दृश्य। 100 इंच के व्यास वाले दर्पण वाला यही वह दूरदर्शक था जिसका प्रयोग ऐडविन हबल ने ब्रह्माण्ड के प्रसार की खोज के लिए किया था।

Source: Ken Spencer, Wikimedia Commons.
URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:100_inch_Hooker_Telescope_900_px.jpg.

बॉक्स-1 : वर्णक्रम में होने वाले रेड और ब्लू शिफ्ट :

हम जानते हैं कि जब प्रकाश किसी प्रिज्म से होकर गुज़रता है, तो वह अपने भीतर मौजूद फोटॉनों (प्रकाश के कण) की भिन्न-भिन्न ऊर्जाओं के अनुरूप कई भिन्न-भिन्न रंगों में बँट जाता है। खगोलविज्ञानी रंगों के इस इन्द्रधनुष के पार जाने वाले प्रकाश की चमक को मापकर, इस प्रकाश का उत्सर्जन करने वाली वस्तु के **वर्णक्रम** को जान लेते हैं।

किसी चमकदार वस्तु का वर्णक्रम जानकारियों की स्वर्ण खदान होता है। उदाहरण के लिए, किसी तारे, आकाशगंगा या निहारिका (nebula) का वर्णक्रम उसके तापमान, रासायनिक संघटन, दाब और घनत्व का पता लगाने में मदद करता है। इसके द्वारा उस वस्तु के वेग को भी मापा जा सकता है, अगर वह वस्तु हमारे सापेक्ष गति कर रही हो। इसलिए, अगर प्रकाश उत्सर्जित करती हुई कोई वस्तु हमसे दूर जा रही है, तो उसके वर्णक्रम का ज़्यादा लम्बी तरंगदैर्ध्यों और निम्न ऊर्जाओं की ओर बदलाव दिखाई देगा, इसे ही **रैडशिफ्ट** कहा जाता है। इसकी बजाय, यदि वस्तु आपकी ओर आ रही हो, तो उसके वर्णक्रम का अपेक्षाकृत छोटी तरंगदैर्ध्यों और अधिक ऊर्जाओं की ओर बदलाव दिखाई देगा, जिसे **ब्लूशिफ्ट** कहते हैं। हमारे सापेक्ष इस वस्तु का वेग जितना अधिक होगा, उसकी ऊर्जा में उतना ही अधिक बदलाव होगा।

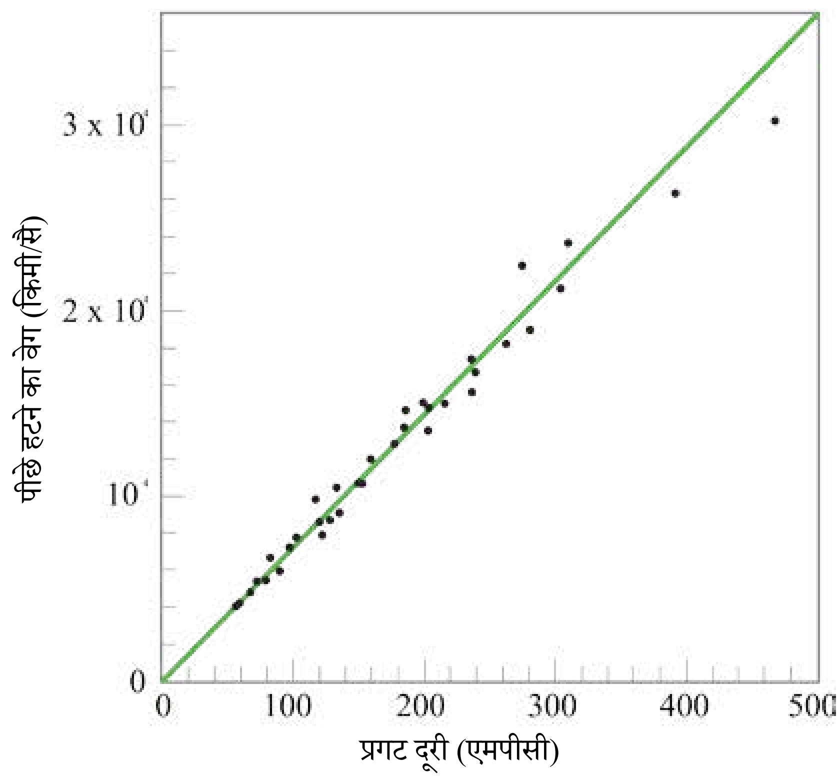


चित्र-3 : एक प्रिज्म से होकर गुज़रता हुआ सफेद प्रकाश रंगों का पूरा वर्णक्रम पैदा करता है।

Source: Vilisvir, Wikimedia Commons.
URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Optical-dispersion.png.

परिणामस्वरूप, खगोलीय वस्तुओं के वर्णक्रम को दर्ज करना, खगोलविज्ञान का एक नियमित हिस्सा बन चुका है। यह स्पैक्ट्रोग्राफ़ नामक उपकरण द्वारा किया जाता है। और इस उपकरण के पुराने मॉडल प्रिज्म का उपयोग करके प्रकाश को फोटॉनों, की विभिन्न ऊर्जाओं में बाँट देते हैं, और नए मॉडल प्रिज्म की जगह ग्रेटिंग नामक एक प्रकाशिक यंत्र (ऑप्टिकल डिवाइस) का प्रयोग करते हैं।

हबल और ह्यूमेसन ने पहले कुछ बहुत चौकस प्रेक्षणों के माध्यम से पृथ्वी से हर एक आकाशगंगा की दूरी की गणना कर ली थी। अब उन्होंने इनमें से हर एक आकाशगंगा के वर्णक्रमों (स्पैक्ट्रा) को दर्ज करना शुरू किया (**बॉक्स-1** देखें)। इन प्रेक्षणों का बहुत ध्यान से अध्ययन करते हुए हबल ने दो आश्चर्यजनक प्रवृत्तियाँ देखीं। कुछ अपवादों को छोड़कर, उनके द्वारा देखी गई लगभग हर आकाशगंगा ने रैडशिफ्ट का प्रदर्शन किया, यानी वह हमसे दूर जा रही थी। इसका अर्थ यह था कि ब्रह्माण्ड स्थिर नहीं है। यदि वह स्थिर होता, तो या तो कोई भी आकाशगंगा हमारे सापेक्ष कोई गति नहीं दिखाती, या इतनी ही आकाशगंगाएँ हमारे क़रीब आ रही होतीं। यह प्रेक्षण कि आकाशगंगाओं की भारी बहुसंख्या हमसे दूर जा रही है सिर्फ़ किसी विस्तार करते ब्रह्माण्ड के लिए ही सही हो सकता है। यह महत्त्वपूर्ण रहस्योद्घाटन अल्बर्ट आइंस्टीन सहित उस समय के कई शीर्ष वैज्ञानिकों की धारणा के बिलकुल विपरीत था (**बॉक्स-2** देखें), कि ब्रह्माण्ड स्थिर था, न तो फैल रहा था और न ही संकुचित हो रहा था।



चित्र-4 : आकाशगंगाओं के लिए वेग-दूरी का सम्बन्ध दिखाता, हबल और ह्यूमेसन द्वारा बनाए गए आलेख से मिलता-जुलता, एक आलेख। लम्बवत अक्ष पर किलोमीटर प्रति सैकेण्ड की इकाइयों में वेग दर्शाया गया है। क्षैतिज अक्ष पर मिल्की-वे आकाशगंगा से इन आकाशगंगाओं की दूरी मिलियन पारसैकों (1 पारसैक 3.26 प्रकाश वर्षों के बराबर होता है) में दी गई है। काले बिन्दु इस नमूने में शामिल हर एक आकाशगंगा को दिखा रहे हैं। जैसा कि हम देख सकते हैं, वे आकाशगंगाएँ जो हमसे ज़्यादा दूर हैं, हमारे सन्दर्भ में उनके वेग भी अपेक्षाकृत अधिक हैं। इस आलेख में फैले आँकड़े सापेक्ष वेग और दूरी के बीच एक रैखिक सम्बन्ध की ओर इशारा करते हैं। यह रैखिक सम्बन्ध मोटी हरी रेखा द्वारा निरूपित किया गया है। और इस रेखा की ढाल हबल का नियतांक है।

बॉक्स-2 : मेरे जीवन की सबसे बड़ी भूल!

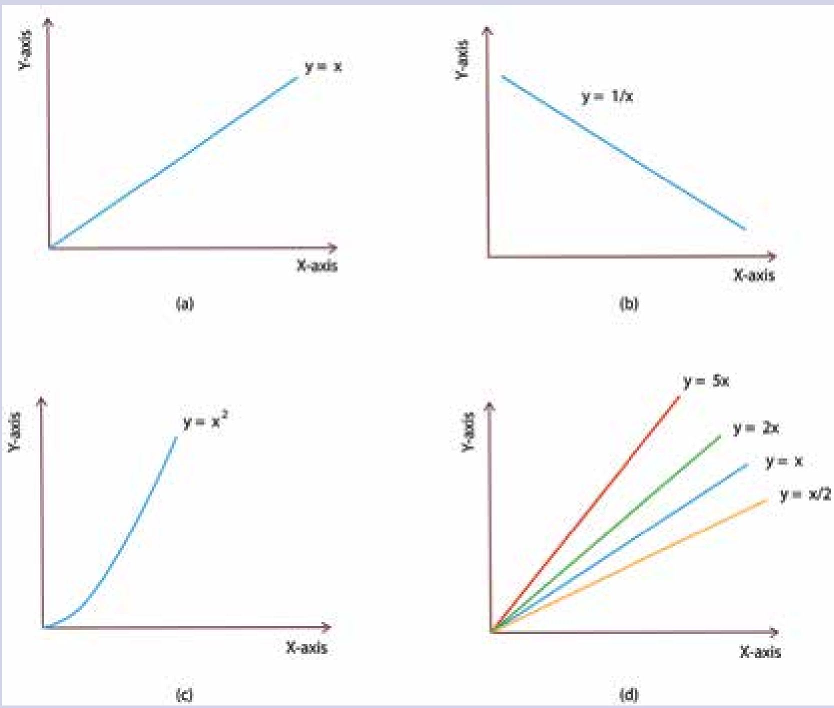
1916 में, हबल और ह्यूमेसन के पथ-प्रदर्शक प्रेक्षणों के लगभग एक दशक पहले, आइंस्टीन ने कुछ गणितीय समीकरण निकाले थे जो एक नए नज़रिये से गुरुत्वाकर्षण की व्याख्या करते थे। सामान्य सापेक्षता के इन समीकरणों का एक तार्किक निष्कर्ष था एक ऐसा ब्रह्माण्ड जो आकार में निरन्तर बढ़ता रहता है। दूसरे शब्दों में, इन समीकरणों ने एक अस्थिर ब्रह्माण्ड का दावा किया था। खुद आइंस्टीन इस निष्कर्ष से भयभीत हो गए थे और उन्हें समझ नहीं आ रहा था कि वे इसे किस प्रकार समझें। उस समय की प्रचलित धारणा यह थी कि ब्रह्माण्ड स्थिर था, और ऐसा कोई प्रमाण मौजूद नहीं था कि इससे विपरीत कोई बात मानी जाए। आइंस्टीन ने यह माना कि उनका यह प्रतिरूप ग़लत था। इसे सुधारने के लिए, और समीकरणों को ठीक करने के लिए उन्होंने इनमें एक नियतांक जोड़ दिया। पर हबल की खोज के बारे में सुनने के बाद आइंस्टीन ने ख़ुशी-ख़ुशी इस नियतांक को अपने समीकरणों से हटा दिया, और सामान्य सापेक्षता के अपने समीकरणों में इसे ज़बरदस्ती ठूँसने को अपने जीवन की 'सबसे बड़ी ग़लती' करार दिया।

मज़े की बात यह है कि, आइंस्टीन के कुछ समकालीन वैज्ञानिक, जैसे विलियम डि सिटर, ऐलेक्जेंडर फ्रीडमैन और जॉर्ज लेमेत्रे भी आइंस्टीन के सामान्य सापेक्षता के समीकरणों का इस्तेमाल करके गणितीय रूप से इसी निष्कर्ष पर पहुँचे थे कि ब्रह्माण्ड का विस्तार हो रहा है। हालाँकि उन्होंने अपने निष्कर्षों को विभिन्न वैज्ञानिक पत्रिकाओं में प्रकाशित किया था, इन्हें वैज्ञानिक समुदाय ने तब जाकर गम्भीरता से लिया जब कि हबल और ह्यूमेसन के प्रेक्षणों को व्यापक रूप से दोहराया और प्रमाणित कर दिया गया था।

दूसरी प्रवृत्ति पर हबल ने तब ग़ौर किया जब उन्होंने हर आकाशगंगा के पीछे हटने के वेग को, हमसे उसकी दूरी के सामने, आलेखों में रखा (**चित्र-4** देखें)। इन आलेखों ने यह दिखाया कि कोई आकाशगंगा हमसे जितनी दूर थी, उसके पीछे हटने की गति उतनी ही तेज़ थी। इन दो राशियों के बीच का सम्बन्ध लगभग रैखिक है (**बॉक्स-3** देखें)।

बॉक्स-3 : रैखिक सम्बन्ध

दो राशियों के बीच का सम्बन्ध, जो हबल वेग-दूरी रेखाचित्र के जैसा दिखता है, उसे रैखिक सम्बन्ध कहा जाता है। जब एक राशि अपने मान का दोगुना हो जाती है, तो दूसरी राशि भी दोगुनी हो जाती है। इसी प्रकार, जब एक राशि को आधा किया जाता है, तो दूसरी राशि भी आधी हो जाती है। जब भी दो राशियों के बीच ऐसी प्रवृत्ति देखी जाती है तो वैज्ञानिक उसे एक सीधी रेखा की मदद से संहिताबद्ध करने की कोशिश करते हैं।



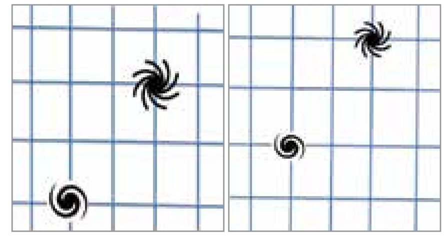
चित्र-5 : रैखिक सम्बन्ध की पहचान करना। (अ) यह आलेख लम्बवत और क्षैतिज अक्षों पर राशियों के बीच एक धनात्मक रैखिक सह-सम्बन्ध दिखाता है। **(ब)** यह आलेख लम्बवत और क्षैतिज अक्षों पर राशियों के बीच एक ऋणात्मक रैखिक सह-सम्बन्ध दिखाता है। **(स)** यह आलेख एक अरैखिक सम्बन्ध दिखाता है जहाँ लम्बवत अक्ष वाली राशि, क्षैतिज अक्ष वाली राशि की तुलना में ज़्यादा तेज़ी-से बदलती है। **(द)** धनात्मक रैखिक सह-सम्बन्ध के चार उदाहरण, क्रमशः 5, 2, 1 और 0.5 के झुकाव।

हबल और ह्यूमेसन ने इस रैखिक सम्बन्ध को एक गणितीय व्यंजक के रूप में लिखकर औपचारिक रूप दिया :

$v = H \times d$

जहाँ, v हमारे सापेक्ष किसी भी आकाशगंगा का वेग है, और d उस आकाशगंगा से दूरी है। ये दो राशियाँ, एक नियतांक द्वारा एक-दूसरे से जुड़ती हैं। इस नियतांक को H के चिह्न द्वारा निरूपित किया जाता है। खगोलविज्ञानियों ने इस नियतांक को हबल नियतांक कहना शुरू कर दिया। इसके मान को, हबल के आलेखों पर वेग और दूरी के बीच रैखिक झुकाव की ढाल की गणना करके हासिल किया जा सकता है।

जैसा कि हमें पता चलता है, हबल का नियतांक कोई मामूली संख्या नहीं है। 90 सालों से भी अधिक समय से खगोलविज्ञानी इसका ठीक-ठीक मान मापने की कोशिश में लगे हुए हैं क्योंकि इससे हमें ब्रह्माण्ड के बारे में बहुत महत्त्वपूर्ण जानकारी मिल सकती है। इस पर हम, 'ब्रह्माण्ड की उम्र' नामक खण्ड में वापस आएँगे।



चित्र-6 : अन्तरिक्ष का निरन्तर होता विस्तार

ब्रह्माण्ड के निरन्तर हो रहे विस्तार को समझना

हबल के पथ-प्रदर्शक प्रेक्षण, जैसे दिखते हैं यदि वैसे ही मान लिए जाएँ तो हमारे ब्रह्माण्ड के बारे में व्यापक भ्रान्ति फैल सकती है। आकाशगंगाओं के वर्णक्रम यह दिखाते हैं कि वे सभी हमसे दूर जा रही हैं। क्या इसका मतलब यह हुआ कि हम इस लगातार चल रहे विस्तार के केन्द्र में हैं? सहज समझ से, हम "हाँ" कह सकते हैं, लेकिन ऐसी धारणा मनुष्य की एक पुरानी नादानी की याद दिला देती है।

इतिहास में ऐसा एक काल था, जब सर्वाधिक ज्ञानी लोग यह मानते थे कि पृथ्वी ब्रह्माण्ड का केन्द्र है। अब पीछे देखने पर, यह एक बेतुकी धारणा प्रतीत हो सकती है। पर इस बात का एहसास करना, कि यह एक बेतुकी धारणा थी, आसान नहीं रहा है, क्योंकि पृथ्वी हमें स्थिर प्रतीत होती है, जबकि ऐसा लगता है कि सूर्य, चन्द्रमा और सभी तारे पृथ्वी के चारों ओर घूम रहे हैं। वर्षों के प्रेक्षण और बहुत से सोच-विचार के बाद हम इस तथ्य पर पहुँचे कि अन्य ग्रहों के साथ दरअसल पृथ्वी सूर्य का चक्कर लगा रही है। और यह तथ्य तो बहुत बाद में खोजा गया कि सूर्य भी स्थिर नहीं है। सूर्य हमारी आकाशगंगा के एक कोने में है, और अरबों अन्य तारों के साथ आकाशगंगा के केन्द्र का चक्कर लगाता है।

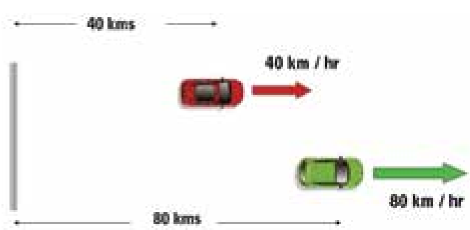
इतिहास ऐसे उदाहरणों से भरा पड़ा है जब विज्ञान ने हमें एहसास कराया है कि ब्रह्माण्ड में हमारा महत्त्व उतना है नहीं, जितना हम माने

बैठे हैं। लिहाजा, अधिकांश खगोलविज्ञानी हबल के परिणामों की व्याख्या करने में ज़्यादा ही सचेत रहे। यह निष्कर्ष निकालना कि मिल्की-वे आकाशगंगा, ब्रह्माण्ड के निरन्तर हो रहे विस्तार का केन्द्र है, पुरानी गलती को दोहराना होगा। इसकी बजाय, खगोलविज्ञानियों ने एक नया और मौलिक विचार सामने रखा कि हम ब्रह्माण्ड को चाहे जिस आकाशगंगा से देखें, अन्य आकाशगंगाएँ हमसे दूर भागती नज़र आएँगी। तो अगर किसी अन्य आकाशगंगा के किसी अजनबी खगोलविज्ञानी को वही प्रयोग करना होता जो हबल और ह्यूमेसन ने किया था, तो वह भी इसी नतीज़े पर पहुँचता की कि ब्रह्माण्ड का विस्तार जारी है। दूसरे शब्दों में, ब्रह्माण्ड में कोई तरजीह पाए स्थान नहीं हैं। ब्रह्माण्ड, विशाल भौतिक पैमानों पर एक-सा ही दिखाई देगा, भले ही हम उसे कहीं से भी देखें। तब से यह धारणा, जिसे ब्रह्माण्ड की **समरूपता** कहा जाता है, ब्रह्माण्डविज्ञान का एक केन्द्रीय विचार बन गया है।

हम सिर्फ़ यह निष्कर्ष निकालकर ही ब्रह्माण्ड की समरूपता को समझा सकते हैं कि ख़ुद अन्तरिक्ष का ही विस्तार हो रहा है। भले ही यह कितना भी अविश्वसनीय लगे, खगोलविज्ञानी ब्रह्माण्ड के लगातार चल रहे विस्तार को इसी तरह समझते हैं। अन्तरिक्ष का निरन्तर हो रहा विस्तार तो ख़ैर एक ऐसा सनसनीखेज विचार है जो इस लेख के दायरे के बाहर है, लेकिन हम यहाँ दी जा रही उपमा के द्वारा इसे अवधारणात्मक रूप से समझ सकते हैं। जिस त्रिआयामी ब्रह्माण्ड में हम रहते हैं उसे द्विआयामी जाली की व्यवस्था द्वारा निरूपित किए जाने की कल्पना करें (**चित्र-6** देखें)। शुरुआत में, जहाँ दोनों आकाशगंगाएँ एक-दूसरे के नज़दीक रहेंगी (**चित्र-6 अ** देखें), कुछ समय बाद, हमारा काल्पनिक ब्रह्माण्ड अलग दिखाई देगा (**चित्र-6 ब** देखें)। हर एक आकाशगंगा से देखने पर, ऐसा लगेगा जैसे दूसरी आकाशगंगा उससे दूर चली गई है। ब्रह्माण्ड का विस्तार हो गया है। और फिर भी, अगर हम यह जानना चाहें कि इस विस्तार का केन्द्र कौन-सा है, तो हम किसी भी स्थान विशेष की ओर इशारा नहीं कर पाएँगे। आकाशगंगाओं का एक-दूसरे से दूर जाना उनके बीच की जगह के विस्तार होने का परिणाम है, न कि ख़ुद आकाशगंगाओं के अन्तरिक्ष में सफ़र करने के कारण।।

बॉक्स-4 : बिग बैंग!

विडम्बनापूर्ण बात है, कि 'बिग बैंग' शब्द खगोलविज्ञानी फ्रेड हॉयल द्वारा गढ़ा गया था। उन्हें यह विचार बहुत ही बेतुका लगता था, कि पूरा ब्रह्माण्ड एक अतिसूक्ष्म बिन्दु में से उभरना शुरू हुआ था। हालाँकि हॉयल अपने जीवन के अन्त तक बिग बैंग सिद्धान्त के कड़े आलोचक रहे, पर जो नाम उन्होंने इस सिद्धान्त को दिया था वह इतना ज़बरदस्त था कि उसे अनदेखा करने का तो सवाल ही नहीं था!



चित्र-7 : दो कारों के बीच की दौड़ कब शुरू हुई ?



राल्फ आल्फर (1921-2007)

जॉर्ज गैमो (1904-1968)

चित्र-8 : जॉर्ज गैमो और राल्फ आल्फर, जिन्होंने रॉबर्ट हरमैन के साथ मिलकर बिग बैंग सिद्धान्त को विकसित किया था। गैमो का जन्म सोवियत संघ में हुआ था। यूरोप में कुछ समय बिताने के बाद वे 1930 के दशक में अमरीका चले गए थे। वे बाद में अमरीका के जॉर्ज वॉशिंगटन विश्वविद्यालय की फैकल्टी के सदस्य हो गए थे। अपने विद्यार्थी राल्फ आल्फर और सहकर्मी, रॉबर्ट हरमैन के साथ गैमो ने बिग बैंग सिद्धान्त पर बहुत काम किया, और उन्होंने खगोलीय पार्श्व सूक्ष्मतरंगी विकिरण के अस्तित्व की भविष्यवाणी भी की थी।

उत्पत्ति के प्रमाण के रूप में यह विस्तार

ब्रह्माण्ड का लगातार होता विस्तार, ब्रह्माण्डविज्ञान की एक ऐतिहासिक खोज थी क्योंकि यह इस दिशा में इशारा करती है कि हमारे ब्रह्माण्ड की कभी उत्पत्ति भी हुई थी। हमारे प्रेक्षण हमें बताते हैं, कि वर्तमान में आकाशगंगाएँ एक-दूसरे से दूर जा रही हैं। तब क्या होगा अगर समय को उलटा घुमा दें? ज़ाहिर है, हमें अन्तरिक्ष सिकुड़ता हुआ दिखेगा, आकाशगंगाएँ एक-दूसरे के पास आती हुई दिखाई देंगी, और अन्त में हर चीज़, अनन्त घनत्व वाले किसी एक बिन्दु में सिमट जाएगी और इसमें ब्रह्माण्ड की पूरी द्रव्यमान ऊर्जा समाहित हो जाएगी। यह धारणा कि अतिसूक्ष्म अस्तित्व, जिससे पदार्थ, ऊर्जा, आकाश और काल से बना पूरा ब्रह्माण्ड उभरा, सबसे पहले बेल्जियम के खगोल भौतिकविज्ञानी जॉर्ज लेमेत्रे ने प्रतिपादित की थी। उस आदि अवस्था से ब्रह्माण्ड किसी-न-किसी कारण से फैलना शुरू हुआ होगा। खगोलविज्ञानी ब्रह्माण्ड के फैलने की इस शुरुआत को "बिग बैंग" कहते हैं जो यह दिखाता है कि फैलने की शुरुआत किसी विस्फोट से हुई हो सकती है।

अब ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के बारे में बात करने के लिए बिग बैंग शब्द का उपयोग लगभग सर्वमान्य रूप से होता है। लेकिन सच्चाई तो यही है, कि किसी को सही-सही नहीं मालूम कि ब्रह्माण्ड का फैलना किस घटना से शुरू हुआ, या क्या यह वाक़ई किसी विस्फोट से ही शुरू हुआ था। प्रेक्षण के जो साधन हमारे पास उपलब्ध हैं, और भौतिकी के नियमों की जो हमारी समझ है उनके द्वारा ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति के क़रीब के कालखण्डों की पड़ताल करना तो बहुत ही कठिन है। लेकिन, जो बात निश्चित है वह यह, कि वर्तमान में तो ब्रह्माण्ड आकार में

बढ़ रहा है, और इसलिए निश्चित ही अतीत में यह इससे छोटा रहा होगा।

ब्रह्माण्ड की उम्र

अगर ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति हुई थी, तो फिर यही सवाल उठता है कि ब्रह्माण्ड की उम्र कितनी है। एक बार फिर, ब्रह्माण्ड के लगातार चल रहे विस्तार के प्रेक्षणों से हमें उत्तर मिल जाता है। किस तरह, इसे समझने के लिए नीचे दी गई उपमा पर विचार करें :

कल्पना करें कि आप एक कार रेस (दौड़) को देखने के लिए किसी रेसकोर्स की ओर भाग रहे हैं। व्यस्त दिन है और भारी ट्रैफिक में से किसी तरह निकलकर आप आख़िरकार रेसकोर्स पहुँचते हैं, और पता चलता है कि रेस शुरू हो चुकी है। रेस में दो टीमें भाग ले रही हैं, और आप दर्शकदीर्घा में अपना स्थान ग्रहण कर लेते हैं। आप देखते हैं कि एक कार शुरुआत करने की रेखा (स्टार्ट लाइन) से 80 किलोमीटर आगे निकल चुकी है, जबकि दूसरी कार काफ़ी पीछे, 40 किलोमीटर पर है। प्रदर्शन पट्ट (डिस्प्ले बोर्ड) दोनों कारों की चालों को क्रमशः 80 किलोमीटर/घण्टा और 40 किलोमीटर/घण्टा दिखाता है (**चित्र-7** देखें)। आपको यह समझने में बहुत देर नहीं लगेगी कि यह रेस क़रीब एक घण्टा पहले शुरू हुई होगी। लेकिन, इस निष्कर्ष पर पहुँचने के लिए, आपको एक महत्त्वपूर्ण मान्यता करना पड़ेगी कि दोनों कारें स्थिर चाल से चल रही हैं, किसी भी समय त्वरण या अव-त्वरण किए बग़ैर।

आइए इस उपमा को आकाशगंगाओं पर लागू करें। हबल ने पाया कि एक आकाशगंगा जिसका सापेक्ष वेग 1400 किलोमीटर/सैकेण्ड था, वह हमसे 60 लाख प्रकाश वर्षों की दूरी पर थी, जबकि एक अन्य आकाशगंगा जिसका सापेक्ष वेग इससे आधा था, वह इससे आधी दूरी ही हमसे दूर गई थी। इसलिए, हम गणना कर सकते हैं कि बिग बैंग कब हुआ होगा :



डेविड विलकिंसन (1935 - 2002) | **रॉबर्ट डिक (1916 - 1997)** | **जिम पीबल्स (b. 1935)**

चित्र-9 : प्रिंसटन विश्वविद्यालय के रॉबर्ट डिक, डेविड विलकिंसन और जिम पीबल्स। इन खगोलज्ञों ने, जॉर्ज गैमो और उनके समूह द्वारा पूर्वानुमानित खगोलीय पार्श्व सूक्ष्मतरंगी विकिरण का पता लगाने के लिए एक प्रायोगिक अभियान शुरू किया।

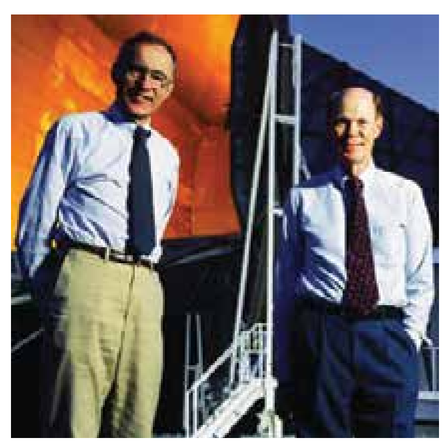
$$\text{ब्रह्माण्ड की आयु} = \frac{\text{किसी भी आकाशगंगा की हमसे दूरी}}{\text{हमारे सापेक्ष उस आकाशगंगा का वेग}} = \frac{1}{H}$$

इससे यह बात स्पष्ट हो जाती है कि हबल के नियतांक के मान की गणना करना इतना ज़रूरी क्यों है। इससे हमें ब्रह्माण्ड की उम्र का आकलन करने का एक माध्यम मिल जाता है। निश्चित ही, ऐसा करके हम यह महत्त्वपूर्ण मान्यता करते हैं कि हमेशा से ही उसी दर से ब्रह्माण्ड का विस्तार होता रहा है जो दर हम आज माप रहे हैं। वर्तमान में आकाशगंगाओं के वेग के सर्वश्रेष्ठ आकलन यह दर्शाते हैं कि ब्रह्माण्ड की उम्र लगभग 1400 करोड़ साल है। यानी बिग बैंग इतने पहले हुआ होगा।

उत्पत्ति हुई या नहीं

बीसवीं सदी के मध्य तक, ब्रह्माण्ड के बारे में दो प्रतिस्पर्धी सिद्धान्त थे। खगोल भौतिकविज्ञानियों हरमन बॉण्डी, थॉमस गोल्ड और फ्रेड हॉयल द्वारा प्रस्तुत स्थाई अवस्था सिद्धान्त में यह कहा गया कि आकाश और काल में ब्रह्माण्ड अनन्त है। इस सिद्धान्त के अनुसार, ब्रह्माण्ड हमेशा से ही था, और इसलिए, किसी उत्पत्ति की बात करना व्यर्थ था। इस सिद्धान्त का विकल्प था बिग बैंग सिद्धान्त जो जॉर्ज गैमो, राल्फ आल्फर और रॉबर्ट हरमैन द्वारा विकसित किया गया था (**चित्र-8** देखें), और जो ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति की धारणा का समर्थन करता था।

इस खोज ने कि ब्रह्माण्ड निरन्तर फैल रहा है, स्थाई अवस्था सिद्धान्त के सामने गम्भीर चुनौती पेश की। अगर ब्रह्माण्ड का विस्तार हो रहा है, और अगर ऐसा बहुत लम्बे काल से हो रहा है, तो आकाशगंगाओं को एक-दूसरे से इतना दूर चले जाना चाहिए था कि उनमें से कोई भी रात के आकाश में हमें दिखाई नहीं देनी चाहिए थी। लेकिन बहुत



चित्र-10 : आर्नो पेनजियास और रॉबर्ट विल्सन। ये लोग उस 20 फीट लम्बे, सींग के आकार के ऐंटीना और रिसीवर तंत्र के आगे खड़े हैं जिनके माध्यम से इन्होंने खगोलीय पार्श्व सूक्ष्मतरंगी विकिरण (सीएमबीआर) को खोजा था।

स्पष्ट है, कि ऐसा तो नहीं हुआ है। हम अपने दूरदर्शकों का मुँह किसी भी दिशा में रखें हमें कई अन्य आकाशगंगाएँ दिखाई दे ही जाती हैं।

उन लोगों ने, जिन्होंने स्थायी अवस्था सिद्धान्त का समर्थन किया था, यह कहकर इस लज्जाजनक विरोधाभास को सही करने की कोशिश की, कि ब्रह्माण्ड के फैलते जाने के साथ-ही-साथ पदार्थ भी सहज तरीक़े से ख़ाली जगह से बन रहा था। यह कोई समस्या-मुक्त विचार नहीं है। उदाहरण के लिए, इसने पदार्थ संरक्षण के नियम का उल्लंघन किया था, जो यह कहता है कि जब भी पदार्थ किसी ऊर्जा क्षेत्र से सहज रूप से निर्मित होता है, तो उसी मात्रा में प्रति-पदार्थ (ऐंटी-मैटर) भी पैदा होता है। हक़ीक़त में, हम इस ब्रह्माण्ड में पदार्थ की तुलना में बहुत कम प्रति-पदार्थ देखते हैं। इसके अलावा, ब्रह्माण्ड के फैलने से पैदा होने वाली ज़रूरत को पूरा करने के लिए जिस दर पर पदार्थ का सृजन होना पड़ेगा, वह दर इतनी कम है (एक लाख करोड़ सालों में एक हाइड्रोजन परमाणु) कि इस घटना को सीधे होते हुए देखना तो बहुत कठिन होगा।

विज्ञान में, जो धारणाएँ प्रायोगिक या प्रेक्षणात्मक रूप में सिद्ध नहीं की जा पातीं, उनका जीवन बहुत छोटा होता है। ऐसी धारणाओं को वैज्ञानिक सिद्धान्त नहीं कहा जा सकता। इसके बजाय उन्हें **परिकल्पनाएँ** कहा जाता है, जो अगर सीधी भाषा में कहा जाए तो शिक्षित अन्दाज़ा होती हैं। हॉयल की पदार्थ के सहज निर्माण की परिकल्पना को वृहत वैज्ञानिक समुदाय में बहुत मामूली उत्सुकता से लिया गया। और निरन्तर हो रहे प्रेक्षणों के माध्यम से ब्रह्माण्ड के फैलने के तथ्य के पुख़्ता रूप से स्थापित हो जाने से स्थाई अवस्था सिद्धान्त की भविष्य की सम्भावनाएँ निराशाजनक लगने लगीं।

किसी भी वैज्ञानिक प्रतिरूप की ताक़त ऐसा पूर्वानुमान करने में है जिसे प्रेक्षणात्मक रूप से जाँचा-परखा और सत्यापित किया जा सके। विज्ञान के आधुनिक इतिहास की सबसे सनसनीखेज कहानियों में से एक में, बिग बैंग सिद्धान्त ने आगे जाकर यही किया, और दूसरी बार स्थाई अवस्था सिद्धान्त पर विजय हासिल की। यह पूर्वानुमान 1948 में, जॉर्ज गैमो और उनके सहयोगियों ने बिग बैंग सिद्धान्त पर प्रकाशित एक वैज्ञानिक पत्र में किया था। और यह सिद्धान्त लगभग 20 साल बाद, प्रेक्षणात्मक रूप से सही साबित हुआ, और दिलचस्प बात यह है कि ऐसा अकस्मात हुआ।

ब्रह्माण्ड के सबसे पुराने प्रकाश की खोज

बिग बैंग सिद्धान्त के अनुसार, अपने बनने के कुछ पलों बाद की स्थिति में, ब्रह्माण्ड अत्यन्त ऊर्जावान फोटॉनों और मूलभूत कणों का एक बेहद सघन समुद्र जैसा था। इस समुद्र के फोटॉन, उन फोटॉनों से अरबों गुना ज़्यादा ऊर्जावान थे जिन्हें हमारी आँखें प्रकाश के रूप में देखती हैं। प्रारम्भिक ब्रह्माण्ड भी फैल रहा था। भौतिकी हमें बताती है कि विस्तार होना एक प्रकार का कार्य है। कोई भी भौतिक तंत्र जो बाक़ी हर चीज़ से पृथक हो, तभी काम कर सकता है जब वह अपनी ऊर्जा, जिसे **आन्तरिक ऊर्जा** कहा जाता है, को ख़र्च करने के लिए तैयार हो। यह तथ्य, भौतिकी की ही एक शाखा, ऊष्मागतिकी (थर्मोडाइनैमिक्स) का बुनियादी सिद्धान्त है। हमारा ब्रह्माण्ड भी एक विलगित तंत्र (आइसोलेटेड सिस्टम) है। जितना हम जानते हैं, ब्रह्माण्ड के बाहर ऐसा कुछ भी नहीं है जिसके साथ वह परस्पर क्रिया कर सके, या उससे ऊर्जा ले सके। यदि उसे कोई काम करना हो, जैसे फैलना तथा और बड़ा होता जाना, तो उसे अपनी आन्तरिक ऊर्जा का इस्तेमाल ही करना पड़ेगा। इसका मतलब यह हुआ कि फोटॉनों को - जिनसे ब्रह्माण्ड अपने जन्म के एकदम बाद भरा हुआ था - अपनी ऊर्जा खोना पड़ेगी।

विचार की इस शृंखला का अनुसरण करते हुए जॉर्ज गैमो और उनके सहयोगियों ने यह पूर्वानुमान लगाया कि अगर बिग बैंग एक सच्चाई है तो उसके अस्तित्व के बिलकुल प्रारम्भिक क्षणों के विकिरण (यानी फोटॉन) का आज भी पता लगाया जा सकना चाहिए। लेकिन, बिग बैंग के बाद 1400 करोड़ सालों तक ब्रह्माण्ड का जो विस्तार हुआ, उस दौरान इस विकिरण की ऊर्जा काफ़ी हद तक कमज़ोर पड़ गई होगी। गैमो और उनके समूह का विचार था कि यह विकिरण सम्भवतया सूक्ष्मतरंग (माइक्रोवेव) फोटॉनों के रूप में रहा होगा, जो उस प्रकाश से हज़ार गुना कम ऊर्जावान रहते हैं जिसे हमारी आँखें देख पाती हैं। यदि यह विकिरण था तो यह पूरे ब्रह्माण्ड में फैला रहता, और इसलिए आकाश की किसी भी दिशा से इसका पता लगाया जा सकता। गैमो और उनके समूह ने इसे **खगोलीय पार्श्व सूक्ष्मतरंगी विकिरण**, या संक्षेप में **सीएमबीआर** कहा।

सीएमबीआर का पता लगाने की सम्भावना से उत्साहित होकर प्रिंसटन विश्वविद्यालय के शोधकर्ताओं के एक समूह - जिसका नेतृत्व रॉबर्ट डिक कर रहे थे - ने एक ऐसा रेडियो ऐंटीना रिसीवर (संग्राही) तंत्र बनाना शुरू किया जो बहुत निम्न ऊर्जाओं वाले फोटॉनों को भी पकड़ने के लिए पर्याप्त संवेदनशील था। यह ऐंटीना एक बाल्टी की तरह व्यवहार करता और इसे जिस भी दिशा में मोड़ दिया जाता, यह उस दिशा से आने वाले किसी भी विकिरण (फोटॉनों) का संग्रह कर लेता। और रिसीवर, जिसे सामान्य तौर पर विभिन्न ऊर्जाओं के अनुकूल बैठाया जा सकता है, ऐंटीना द्वारा संग्रहित संकेतों को दर्ज करता है। इसी के साथ, डिक और उनके साथियों, डेविड विलकिंसन और जिम पीबल्स (**चित्र-9** देखें) ने विभिन्न ऊर्जाओं पर सीएमबीआर

से प्रत्याशित तीव्रता के स्तर का आकलन करने के लिए आवश्यक लम्बी और कठोर गणनाएँ करना शुरू कर दीं। जब डिक और उनका समूह गैमो के पूर्वानुमानों का परीक्षण करने की तैयारियाँ कर रहे थे, तभी प्रिंसटन के पास के ही एक स्थान के दो युवा रेडियो इंजीनियरों ने सीएमबीआर को अकस्मात ही खोज लिया।

1960 के दशक में, इलैक्ट्रॉनिक्स अनुसंधान और उत्पाद विकास की अमरीकी कम्पनी, बॅल लैब्स ने एक 20 फीट का रेडियो ऐंटीना बना दिया था जिसका काम था रेडियो संकेतों को संग्रहित करना और बढ़ाना, और फिर उन्हें लम्बी दूरियों तक भेज देना। पर कुछ सालों में, नए उपग्रहों के प्रक्षेपण के कारण रेडियो ऐंटीना प्रणाली अप्रचलित हो गई और उसे शोध के लिए दे दिया गया। दो रेडियो खगोलज्ञों, आर्नो पेनजियास और रॉबर्ट विल्सन ने रेडियो फोटॉन ऊर्जाओं पर मिल्की-वे आकाशगंगा और उसके पास की कई अन्य आकाशगंगाओं की चमक को मापने के लिए बॅल लैब्स के ऐंटीना का प्रयोग करना शुरू कर दिया (**चित्र-10** देखें)। पेनजियास और विल्सन, सीएमबीआर के बारे में गैमो के पूर्वानुमान से, और डिक की प्रयोगशाला में सीएमबीआर को पकड़ने के लिए हो रहे प्रयासों से अनजान थे।

जब पेनजियास और विल्सन ने अपने प्रेक्षणों को दर्ज करना शुरू किया, तो उनके सामने एक समस्या खड़ी हुई। उनका ऐंटीना माइक्रोवेव फोटॉनों के रूप में एक स्थिर, पर हल्के शोर के स्रोत को बार-बार पकड़ रहा था, जिससे उनकी मापें बिगड़ रही थीं। यह शोर लगातार हो रहा था, और सभी दिशाओं से आता प्रतीत हो रहा था। और वे ऐंटीना को चाहे जिस दिशा में मोड़ लें यह शोर जाने का नाम ही नहीं ले रहा था। यह मानते हुए कि यह शोर उनके उपकरणों के इलैक्ट्रॉनिक कलपुर्जों में आई कुछ समस्या के कारण हो रहा होगा, पेनजियास और विल्सन ने अपने ऐंटीना तंत्र को सुधारने के हर सम्भव प्रयास किए। उन्हें बहुत खीझ और झुँझलाहट भी होने लगी क्योंकि उनकी तमाम कोशिशों के बाद भी वह "शोर" जारी रहा। लगभग एक साल निकल गया और उन्हें इस शोर को समझा पाने का, या उसे दूर करने का कोई उपाय नहीं मिल पाया।

फिर एक दिन, आर्नो पेनजियास को अपने किसी साथी से गैमो के काम के बारे में पता चला। इसके थोड़े समय बाद ही, उनका और विल्सन का प्रिंसटन में रॉबर्ट डिक के समूह से सम्पर्क हुआ। डिक और उनके साथियों को यह पहचानने में ज़्यादा देर नहीं लगी कि पेनजियास और विल्सन ने अकस्मात ही बिग बैंग प्रतिरूप द्वारा पूर्वानुमानित खगोलीय पार्श्व सूक्ष्मतरंगी विकिरण को खोज लिया था। इन विकिरणों के ठीक वही गुण थे जिनका पूर्वानुमान बिग बैंग प्रतिरूप में लगाया गया था, और इस तरह यह खोज बिग बैंग सिद्धान्त की निर्णायक विजय का कारण रही। आर्नो पेनजियास और रॉबर्ट विल्सन ने सीएमबीआर की खोज के लिए भौतिकी का नोबेल पुरस्कार भी जीता।

सीएमबीआर, ब्रह्माण्ड के सबसे पुराने फोटॉनों - बिग बैंग के जीवाश्म अवशेष - के प्रतीक हैं। अन्तरिक्ष के हर घन सेंटीमीटर में ऐसे सैकड़ों फोटॉन हैं, और उनमें से हर एक फोटॉन लगभग 1300 करोड़ साल पुराना है। हालाँकि हम पर लगातार सीएमबीआर की "बमबारी" चल रही है, फिर भी, उनकी अत्यन्त निम्न ऊर्जाओं के कारण हमें उनकी उपस्थिति का एहसास नहीं होता (जिस तरह हम सौर फोटॉनों से निकलने वाली ऊष्मा को महसूस करते हैं)। लेकिन फिर भी बिग बैंग की इन "फुसफुसाहटों" में प्रारम्भिक ब्रह्माण्ड की बहुत मूल्यवान जानकारियाँ निहित होती हैं, कि वे कौन-से कारण थे जिन्होंने उन आकाशगंगाओं, आकाशगंगा पुंजों, और इसी तरह की अन्य बड़ी संरचनाओं के निर्माण के बीज बोए जिन्हें हम आज के ब्रह्माण्ड में देखते हैं। अपने महत्त्व के कारण, हम अभी भी सीएमबीआर को लेकर प्रेक्षण करते जा रहे हैं, ज़मीन से भी और ऊँचाई पर उड़ते गुब्बारों के प्रयोगों से भी और उपग्रहों से भी।

कहानी अभी पूरी नहीं हुई है

ब्रह्माण्ड की उत्पत्ति हुई थी, इसके बारे में वैज्ञानिक जागरूकता बस एक सदी पुरानी ही है। ब्रह्माण्ड के लगातार हो रहे विस्तार की खोज से लेकर खगोलीय पार्श्व सूक्ष्मतरंगी विकिरण की खोज तक, बिग बैंग सिद्धान्त कई प्रेक्षणों पर ख़रा उतरा है। फिर भी, भौतिक ब्रह्माण्ड की हमारी समझ में कई बड़ी दरारें हैं। हम वाक़ई में नहीं जानते हैं कि बिग बैंग किस वजह से घटित हुआ होगा या कि एकदम शुरुआत में ब्रह्माण्ड की भौतिक अवस्था क्या थी। बिग बैंग प्रतिरूप का एक संस्करण कहता है कि एक सैकेण्ड के बहुत छोटे-से अंश में ब्रह्माण्ड का बहुत तेज़ विस्तार हुआ, जिसे इनफ्लेशन (स्फीति या फुलाव) कहा जाता है। वैज्ञानिकों ने खगोलीय पार्श्व सूक्ष्मतरंगी विकिरण द्वारा खड़ी की जाने वाली कुछ समस्याओं को समझाने के लिए स्फीति वाले इस प्रतिरूप का सहारा लिया। पर क्या इतनी तेज़ वृद्धि का दौर वाक़ई घटित हुआ था, और अगर हुआ था तो किस वजह से हुआ था, यह स्पष्ट नहीं है।

इसके अलावा कुछ और बड़े सवाल भी हैं। पिछले तीन दशकों के ब्रह्माण्डविज्ञान ने पहले अज्ञात रहे दो घटकों को जगत के सामने रखा है - स्याह पदार्थ (डार्क मैटर) और स्याह ऊर्जा (डार्क ऐनर्जी)। ये दो संघटक मिलकर वर्तमान ब्रह्माण्ड के ऊर्जा घनत्व का लगभग 96% हिस्सा बनाते हैं। इसकी तुलना में, साधारण पदार्थ, जिससे आप, मैं और हमारे आस-पास की सभी चीज़ें - ग्रह, हमारी आकाशगंगा के अरबों तारे, हमारे ब्रह्माण्ड की अरबों-खरबों आकाशगंगाएँ, खगोलीय पार्श्व सूक्ष्मतरंगी फोटॉन - बने हैं, ज्ञात ब्रह्माण्ड का सिर्फ़ 4% हिस्सा बनाता है। विज्ञान को इस बात का कोई आभास

नहीं है कि ये स्याह पदार्थ और स्याह ऊर्जा क्या हैं, और न इस बात का आभास है कि इनकी उत्पत्ति दरअसल हुई कैसे थी। पर इनकी खोज के साथ ब्रह्माण्ड के बारे में हमारी धारणा इस ढंग से बदली है जिसके बारे में पहले सोचा भी नहीं जा सकता था। इससे हमें यह एहसास हुआ है कि इतने वर्षों से हम ब्रह्माण्ड की जो पड़ताल कर रहे थे, उसमें हम मानो बस उसकी सतह को ही खरोंच रहे थे। जितना हमें दिखाई देता है, ब्रह्माण्ड में उससे जानने-समझने के लिए बहुत अधिक है। वैज्ञानिक आशा करते हैं कि 21वीं सदी का खगोलविज्ञान इन बड़े अज्ञात रहस्यों को खोलेगा और अनुत्तरित सवालों के जवाब प्रदान करेगा। लेकिन वे जवाब, बिग बैंग सिद्धान्त के लिए कौन-सी नई चुनौतियाँ खड़ी करें, यह देखा जाना अभी बाक़ी है।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Big Bang. Geralt, Pixabay. URL: https://pixabay.com/en/big-bang-explosion-pop-fireball-422305/. License: Public Domain.



आनन्द नारायणन, भारतीय अन्तरिक्ष विज्ञान एवं प्रौद्योगिकी संस्थान में खगोलभौतिकी पढ़ाते हैं। उनका शोध इस विषय पर है कि आकाशगंगाओं के बाहर, विशाल पैमाने पर, बैरियॉनिक पदार्थ का वितरण किस तरह होता है। वे नियमित रूप से खगोलशास्त्र से जुड़ी शैक्षणिक और सार्वजनिक पहुँच की गतिविधियों में योगदान करते हैं। उन्हें भ्रमण पर जाना और दक्षिण भारत के सांस्कृतिक इतिहास की पड़ताल करना अच्छा लगता है। **अनुवाद :** भरत त्रिपाठी